

2013 年度電磁気学 I (4—6 クラス) 学期末試験

2014. 2. 7 (金)

以下の問 1～問 4 に対して解答しなさい。解答用紙は表のみを使用し、解答の導出過程も詳細に記述すること。なお、以下全ての問題において、対象とする系は真空中にあるとし、真空中の誘電率は ϵ_0 、真空中の透磁率は μ_0 として解答せよ。

1 図 1 のように半径 a の細い円形状導線に総電荷 Q が一様に分布しているとする。このとき、円の中心から距離 z の点 P に生じる電界 \vec{E} を電位を使用せず¹に求めよ。なお、 \vec{E} の方向と大きさをそれぞれ述べること。

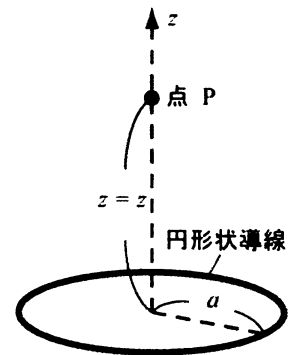


図 1

2 半径 a の球内に電荷が一様に分布しているとする。なお、この球内の電荷の総量は Q とする。このとき、以下の小問に解答せよ。

2.1 電荷球の内部 (半径 $r < a$)、電荷球の外部 (半径 $r \geq a$)、それぞれの領域での電界 \vec{E} についてその方向と大きさを求めよ。

2.2 空間全体の静電エネルギーを求めよ。

3 図 2 のように、半径 a の大きい円形コイル (C_1 と呼ぶ) と半径 b の非常に小さな円形コイル (C_2 と呼ぶ) を、平行かつ各コイルの円の中心を結ぶように距離 d 離して設置するとする。ここで、 C_1 、 C_2 ともにコイルの巻き数は 1 巻きとする。座標系には図 2 のとおり円筒座標系を採用する。以下の小問に解答せよ。

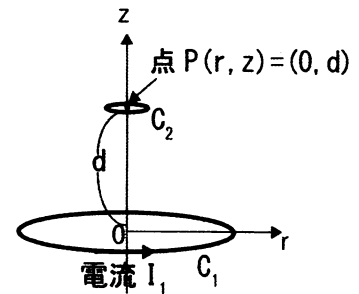


図 2

3.1 図 2 のように、コイル C_1 に電流 I_1 が流れているとする。

このとき、コイル C_2 の円中心 (点 $P(r, z) = (0, d)$) における磁界 \vec{H} をビオサバルの法則を用いて求めよ。なお、磁界 \vec{H} の大きさのみならず、その方向についても言及せよ。

3.2 3.1 の条件の下、コイル C_2 での磁束を求めよ。なお、コイル C_2 は、そのコイル面上で磁界 \vec{H} の非一様性が無視し得るほど十分に小さいとして考えよ。

3.3 3.2 の条件の下、コイル C_1 とコイル C_2 の相互インダクタンスを求めよ。

4 巻き数 N のコイルがあり、そのコイルを貫く磁束が、角周波数 ω 、振幅 ϕ_m で正弦波状に時間的に変化しているとする。このとき、以下の小問に解答せよ。

4.1 コイルを貫く鎖交磁束 (N 巻き分の磁束) の時間的変化を式で書き表しなさい。なお、時間の記号には t を用いよ。

4.2 コイルに誘起される誘導起電力を求めよ。

4.3 鎖交磁束の位相に対し、誘導起電力の位相は進んでいるのか、遅れているのか、それとも同位相なのか、位相差の定量的記述とともに説明せよ。